

DOI: 10.16516/j.gedi.issn2095-8676.2016.01.024

正压浓相气力输灰管径的选择研究

刘毅

(中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司, 广州 510663)

摘要: 对正压浓相气力输灰系统的输灰管道的管径选择进行了研究。分析了影响输灰管道的管径选择的众多因素, 采用理论与实际工程相结合的方式, 利用理论上的公式推导和60个工程的实际统计数据进行研究, 确定了关键参数的计算方法。并建立了相关的数学模型, 最终得出了可用于指导工程设计的管径计算经验公式。为以后燃煤电厂正压浓相气力输灰系统的输灰管道管径选择提供了设计选型依据, 填补了这方面的空白, 具有重要的借鉴参考意义。

关键词: 正压浓相; 气力输灰; 管径; 工程设计

中图分类号: TK223.27

文献标志码: A

文章编号: 2095-8676(2016)01-0115-03

Research on Pipe Diameter Selection of Dense Phase Positive Pressure Pneumatic Fly Ash Handling System

LIU Yi

(China Energy Engineering Group Guangdong Electric Power Design Institute Co., Ltd., Guangzhou 510663, China)

Abstract: This paper researches on pipe diameter selection of dense phase positive pressure pneumatic fly ash handling system. The influencing factors are discussed, and an approach based on theoretical analysis and data of 60 running projects is taken to determine several key parameters. A mathematical model is built to develop an empirical formula for pipe diameter selection. The paper, which fills in a gap on this area, has an important reference significance for engineering design.

Key words: dense phase positive pressure; pneumatic fly ash handling system; pipe diameter; engineering design

正压浓相气力输灰系统因具有出力大、输送距离长、能耗低、磨损少、安全性高、布置灵活等优点, 在燃煤电厂的飞灰输送领域得到了越来越广泛的应用。目前新建火力发电厂的飞灰输送系统基本上都是采用这种输送方式。

在正压浓相气力输送系统中, 输灰管径的选择对其系统出力、输送性能、耗气量等产生的影响至关重要, 选择合适的输灰管径会使整个系统更加稳定、合理、节能。但是, 目前关于正压浓相气力输送系统的输灰管径计算, 尚未有一个业界公认的数学模型和计算公式。本文将在这方面进行一些研究, 以期可以找到一个可以用于指导工程设计的计算方法。

1 影响输灰管径选择的边界条件

正压浓相气力输送系统的输送过程是呈一个非常复杂的气固两相流的状态, 能够影响管道管径选择的边界条件非常多。为简化模型, 先对所有边界条件进行分析、处理, 忽略影响较小的, 假定可为常量的, 合并共同作用的, 最终确定影响输灰管径选择的关键因素为: 输送当量长度、输送出力、初始压力、初始速度、末端速度。

2 各边界条件的取值

2.1 输送当量长度

$$L_{eq} = L \pm H + \sum NL_r \quad (1)$$

式中: L_{eq} 为输送当量长度, m; L 为输送水平距离, m; H 为垂直提升高度, m; N 为各类管道附件数量, 个; L_r 为各类管道附件的当量长度, m。

收稿日期: 2015-04-01

作者简介: 刘毅(1983), 男, 湖南衡阳人, 高级工程师, 学士, 主要从事火力发电厂物料输送设计工作(e-mail) liuyi@gedi.com.cn。

对于某一个具体工程来说, 输送当量长度为已知条件。

2.2 输送出力

输送出力是指单根输灰管道的出力, 该数值应根据具体工程的实际情况确定。对于某一个具体工程来说, 输送出力为已知条件。

2.3 初始压力

飞灰输送的动力来自于输灰管道入口和出口的压差, 而初始压力值越大, 平均速度就越大^[2-3], 沿程阻力值就越大。这就要求初始压力必须选择一个适中的值, 既不能太低而导致动力不足, 也不能太高而导致磨损太大、能耗太高^[4-5]。笔者采用60个燃煤电厂的实际工程统计数据来对初始压力的取值公式进行拟合, 具体如下图1:

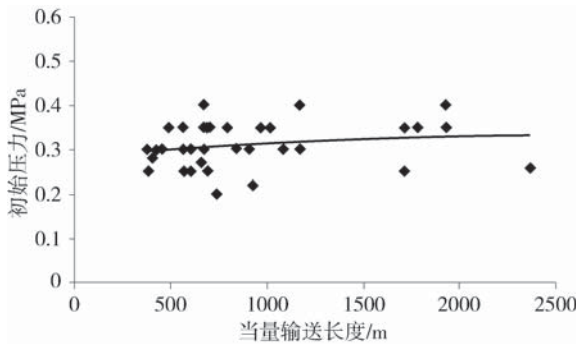


图1 实际工程的初始压力取值

Fig. 1 Initial Pressure Data of Running Projects

$$P_1 = P_e + 0.021 \ln L_{eq} + 0.17 \quad (2)$$

式中: P_1 为初始压力, MPa, 绝对压力; P_e 为末端压力, MPa, 绝对压力, 取多年平均大气压力。

2.4 初始速度

与初始压力的取值类似, 初始速度的取值也必须选择一个适中的值, 既不能太低而导致小于临界速度(保证安全稳定输送的最小表观气速), 也不能太高而导致磨损太大、能耗太高^[5-6]。同样采用60个燃煤电厂的实际工程统计数据来对初始速度的取值公式进行拟合, 具体如图2:

$$v_1 = 0.24 \ln L_{eq} + 2.9 \quad (3)$$

式中: v_1 为初始速度, m/s。

2.5 末端速度

从图3中可以看出, 所有工程的末端速度均在7~15 m/s的范围内, 其中在10~14 m/s区间内的占据了85%以上, 等于12 m/s的达到了60%。且末端速度不随当量输送长度的变化而变化, 而是一

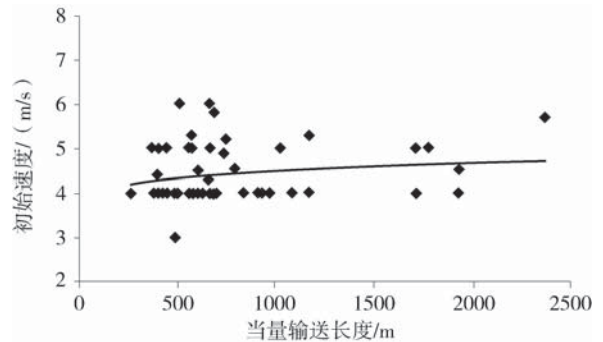


图2 实际工程的初始速度取值

Fig. 2 Initial Velocity Data of Running Projects

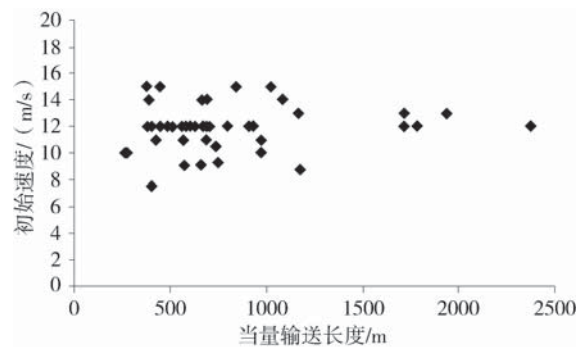


图3 实际工程的末端速度取值

Fig. 3 Terminal Velocity Data of Running Projects

直在12 m/s上下波动。

这是因为在实际的工程应用当中, 通常都会采用管道变径的方法来将流速控制在一定的区间范围内^[7-11]。所以才会出现不同工程的末端速度都大致相同, 在某一个数值上下波动的情况。

根据图3的数据, 可以将末端速度的初始假定值设为12 m/s。

3 管径的计算公式推导

3.1 初始端管径

1) 根据初始速度、初始压力、初始端管径、初始端空气密度计算初始端空气质量流量:

$$m_1 = \rho_1 v_1 \frac{\pi D_1^2}{4} \quad (4)$$

其中 ρ_1 的计算公式为:

$$\rho_1 = \frac{P_1 T_0}{P_0 T_1} \rho_0 \quad (5)$$

式中: m_1 为初始端空气质量流量, kg/s; T_1 为输灰管道进口处的空气温度, K, 取多年平均气温; ρ_1 为输灰管道进口处的空气密度, kg/m³; ρ_0 为标准状态下的空气密度, 1.293 kg/m³; T_0 为标准状

态下的空气温度, 273.15 K; P_0 为标准状态下的空气压力, 0.101 MPa, 绝对压力。

2) 根据输送出力、灰气比计算初始端空气质量流量:

$$m_1 = \frac{Q}{3.6\mu} \quad (6)$$

其中 μ 的计算公式为:

$$\mu = \frac{500}{\sqrt{L_{eq}}} \quad (7)$$

式中: Q 为输送出力, t/h; μ 为灰气比, kg/kg。

3) 合并公式(4)和公式(6), 可以得到:

$$\rho_1 v_1 \frac{\pi D_1^2}{4} = \frac{Q}{3.6\mu} \quad (8)$$

从而得到 D_1 的计算公式为:

$$D_1 = \sqrt{\frac{4Q}{3.6\pi\mu\rho_1 v_1}} \quad (9)$$

3.2 末端管径

当 $L_{eq} < 400$ m 时, 不考虑变径, 此时 $D_e = D_1$; 当 $L_{eq} \geq 400$ m 时, 需要变径, 此时末端管径由气体状态方程可得:

$$D_e = D_1 \sqrt{\frac{P_1 v_1}{P_e v_e}} \quad (10)$$

式中: D_e 为末端管径, m; v_e 为末端速度, m/s。

4 管径计算工程实例

4.1 工程已知条件

输送出力 $Q = 50$ t/h。

输送当量长度 $L_{eq} = 500$ m。

厂址多年平均大气压力: 0.098 MPa。

厂址多年平均气温: 20℃。

4.2 初始端管径计算

$$P_1 = P_e + 0.021 \ln L_{eq} + 0.17 = 0.399 \text{ MPa。}$$

$$v_1 = 0.24 \ln L_{eq} + 2.9 = 4.39 \text{ m/s。}$$

$$\rho_1 = \frac{P_1 T_0}{P_0 T_1} \rho_0 = 4.754 \text{ kg/m}^3。$$

$$\mu = \frac{500}{\sqrt{L_{eq}}} = 22.361。$$

$$D_1 = \sqrt{\frac{4Q}{3.6\pi\mu\rho_1 v_1}} = 0.195 \text{ m。}$$

选择初始端管径为 $\Phi 219 \times 7$, $D_1 = 0.205$ m。代入公式(8)重新计算得: $v_1 = 3.96$ m/s。

4.3 末端管径计算

$L_{eq} = 500$ m > 400 m, 需要变径。

$$D_e = D_1 \sqrt{\frac{P_1 v_1}{P_e v_e}} = 0.237 \text{ m} \quad (11)$$

选择末端管径为 $\Phi 245 \times 7$, $D_e = 0.231$ m。代入公式(10)重新计算得: $v_e = 12.68$ m/s。

4.4 最终计算结果

初始压力为 0.399 MPa, 绝对压力。

初始速度和末端速度分别为 3.96 m/s, 12.68 m/s。

初始端管径为 $\Phi 219 \times 7$, 末端管径为 $\Phi 245 \times 7$, 需要进行一次变径。

5 结论

本文对正压浓相气力输灰系统的输灰管道的管径选择进行了研究, 确定了关键参数的计算方法, 建立了相关的数学模型, 并最终得出了可用于指导工程设计的管径计算经验公式, 为以后燃煤电厂正压浓相气力输灰系统的输灰管道管径选择提供了设计选型依据。

参考文献:

- [1] DL/T 5142-2012, 火力发电厂除灰设计技术规程[S].
- [2] 衣华, 刘宗明, 杜滨, 等. 浓相气力输送粉煤灰颗粒速度的研究及应用[J]. 济南大学学报(自然科学版), 2007, 21(1): 25-27.
- [3] 刘宗明, 赵军, 岳云龙, 等. 浓相气力输送粉煤灰的实验研究[J]. 济南大学学报(自然科学版), 2002, 16(1): 53-55.
- [4] 林江, 楼建勇, 骆章. 正压浓相气力输送系统输送特性的实验研究[J]. 浙江科技学院学报, 2008, 20(2): 93-97.
- [5] 杜凤英, 金伟, 段广彬. 长距离正压浓相气力输送水泥粉体的能耗分析[J]. 矿山机械, 2011, 39(6): 69-72.
- [6] 赵峥, 李文平. 浓相正压气力输送流动特性研究和系统选择[J]. 中国电力, 2007, 40(11): 78-81.
- [7] 李勇, 朱秀苹. 气力输送中变径管道系统设计的研究[J]. 起重运输机械, 2008(10): 25-27.
- [8] 王启概, 吴成光, 涂虬. 正压气力除灰系统管道的设计及工程应用[J]. 电力环境保护, 2005, 21(1): 40-42.
- [9] 朱健云, 杨晓燕, 归柯庭, 等. 水平管气力输送最佳经济速度的模拟研究[J]. 工程热物理学报, 2008, 29(10): 1688-1690.
- [10] 赵军, 刘宗明, 陆海东, 等. 粉煤灰浓相气力输送系统的研究与应用[J]. 上海理工大学学报, 2003, 25(2): 151-154.
- [11] 孟庆敏, 周云, 陈晓平, 等. 粉体密相气力输送研究综述[J]. 锅炉技术, 2011, 42(3): 1-5.